

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H00809

研究課題名(和文) 2色覚を基点としたカラーユニバーサルデザイン手法の開発と実用化

研究課題名(英文) Development of a color universal design method based on color appearances of dichromats

研究代表者

須長 正治(SUNAGA, Shoji)

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号：60294998

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 28,500,000円

研究成果の概要(和文)： カラーユニバーサルデザインは、「色覚異常」と呼ばれ、見分けられない色がある色覚の特性を持つ人たちにも色による情報が伝達されるように視覚表示物の配色を設計する色彩デザインである。本研究では、色覚正常を前提とした従来の配色作業の出発点(基点)を転換し、「色覚異常」と呼ばれる2色覚の色の見えから配色を考案する新発想のカラーユニバーサルデザイン手法の実用化を行った。さらに、社会実装の第一歩として、本手法により、九州大学伊都キャンパス案内図を作成し、2020年度日本サインデザイン賞に入選し、九州地区賞を受賞するまでに至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

色覚の特性には、多様性があり、多数派とは異なる色の見え方をする少数派の色覚の特性もあることが知られている。この特性は「色覚異常」や2色覚と呼ばれ、カラーユニバーサルデザインでは配慮の対象でしかなく、色覚の多様性理解までに至ってない。本研究では、色彩デザインを2色覚の色の見えから考案するという新しい方法の実用化をアプリケーション開発を通して行った。今後、社会に本アプリケーションを普及させることができれば、色覚の多様性に関する社会の理解がより深まると考えられる。

研究成果の概要(英文)： Color universal design is a color design method for visual materials so that people with color vision characteristics who cannot distinguish some colors, called "color deficiency," can also receive information defined by colors. In this research, we developed a new concept of color universal design method based on the color appearance of dichromats from the starting point of conventional color design work, which is based on the assumption of normal color vision. In addition, as the first step of social implementation, we created a guide map for the Ito Campus of Kyushu University using this method, which was selected for the 2020 Japan Sign Design Award and won the Kyushu Regional Award.

研究分野：色彩・視覚科学

キーワード：カラーユニバーサルデザイン 2色覚 色覚 配色 色見本

### 1. 研究開始当初の背景

色彩は、様々な視覚表示物において、そのわかりやすさから、情報伝達手段として広く活用されている。しかし、人間の色覚の特性には多様性があり、全ての人と同じ色彩に見え、その情報伝達が保証されるわけではない。色覚の多様性に配慮する形で色彩デザインを行うことをカラーユニバーサルデザイン (color universal design: 以下、CUD と略す) という。これまでの CUD では、見分けられない色 (以下、混同色という) をもつ少数派の色覚の特性である 2 色覚に対し、混同色の組合せを用いないということが必須である。そこで、どのようにして、混同色の組合せを用いないようにするか、すなわち、CUD の方法論の確立が求められていた。これまでの方法は主に以下の 3 つの方法論に分けることができる。

ひとつ目の方法は、2 色覚の色の見えを参考に、見分けやすさを判断しながら、配色を決めていく方法である。ここで、主に用いられるのは、Brettel ら(1997)によって提案された 2 色覚の色の見えシミュレーションと呼ばれるものである。デザイナーは、このシミュレーションの結果を見ながら、視覚表示物に用いる色を決めていく。この方法では、シミュレーション候補となる色決めと、その結果を見たのちの再配色という試行錯誤が必要となる。2 番目は、予め混同色とはならないことがわかっているカラーパレットの中から色を選択して用いる方法である。このカラーパレットの代表的なものは、日本塗料工業会などから構成される CUD 推奨配色セット制作委員会によって提案されている CUD 推奨配色セットである。現在、改訂が進み、第 4 版となっている。ここで、決められた色は、アクセントカラー 9 色、ベースカラー 7 色、無彩色 4 色、代替色 2 色の計 22 色である。この 22 色では、使える色数の自由度が少ないと思うデザイナーもあり、もっと多くの色を使いたいという要望も出てくる。最後の方法は、自動的に、混同色を検出し、配色の代替案を提案してくるようなソフトウェアを使用する方法である。実際に、これらの方法を使うとなると、論文での報告だけでなく、ソフトウェアとして完成している必要があり、また、デザイナーが 1 ユーザーとしてソフトウェアを使用している限りでは問題は起きないが、これらのソフトウェアのアルゴリズムの延長上で、提案される以外の色を使いたいとなった場合は、色彩以外の知識を求められるであろう。

これらの 3 つの方法論を比較すると、どれにも長所や短所があり、どれが最もいい方法であるかの判断がつかない。これらの 3 つの方法に対し、まだ、実用化には至っていない 4 番目の方法が存在する。この方法は、佐藤(2004, 2005)によって提案されたものであり、2 色覚の色の見えにて最初の 2 色覚向け配色を決め、その後、混同色方向に色を変え、3 色覚向け配色を考案していくというものである。この混同色方向への色の変化は、2 色覚にとって、変更前後にて、混同色であるため、最初の 2 色覚向け配色が保持されているという点がこの方法での鍵となる考え方である。ただし、この CUD 手法では、1 型および 2 型の混同色の方向、すなわち、混同色線が異なるため、厳密にこの方法を実現させようとすると、同時には、1 型および 2 型色覚の両方の特性に対応することができない。そのため、この問題を解決し、実用化に向けた研究が必要となる。なお、この配色手法を 2 色覚の色の見えから 2 色覚向け配色を考案することから、本研究では、この手法を 2 色覚基点の CUD 手法、最初の 2 色覚向け配色の候補色を 2 色覚向け配色セット、3 色覚向け配色向けの混同色からなる色セットを 3 色覚向け配色候補色セットと呼びことにした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、2 色覚基点の CUD 手法の問題点を解決し、さらに、実用可能な色見本を作成し、実用化を試みることであった。

### 3. 研究の方法

2 色覚基点の CUD 手法の問題点は、図 1 (a)に示すように、1 型 2 色覚と 2 型 2 色覚の混同色線が違うため、最初の 2 色覚の色の見えでの配色を 1 型の混同色線方向に変更すると 1 型での色の見えは保たれるが、2 型へは対応ができず、一方、2 型の混同色線方向に変更すると 2 型での色の見えは保たれるが、1 型へは対応できない。つまり、そのままでは、3 色覚向け配色候補色セットを構成することができない。そこで、どちらにも対応可能にするには、1 型、2 型のどちらでも変更後の色での多少の変化を許し、図 1 (b)のように許容範囲を設けることで、1 型と 2 型共通の 3 色覚向け配色候補色セットを構成でき、両方の特性に対応することが可能になる。ただし、その許容範囲をどのように決めるのかという新たな問題が生じる。

3 色覚向け配色への色変更の際、2 色覚向け配色での色の変化は、なんらかの基準を基に決め

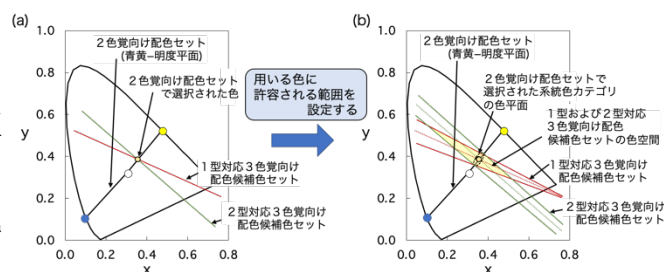


図 1 3 色覚向け配色候補色セットの構成方法

る必要がある。そこで、本研究では、系統色名の領域を採用した。系統色名とは、「明るい」、「つよい」、「くすんだ」などの修飾語を使って基本色名をより限定して表した色名である。各領域に含まれる色には同じ系統色名が与えられていることから、最初の2色覚向け配色からの色の变化が同じ系統色名の範囲内であれば許容できるものとした。本研究では系統色名の範囲のことを系統色名カテゴリと呼ぶことにした。2色覚向け配色セットは、マンセル表色系で表すと5PB-N-7.5Yの平面となることから、本研究では、5PBと7.5Y平面での系統色名カテゴリを用いた。

色見本の作成には、NCSの1948色の色票を用いた。照明光にはD65照明を用い、2色覚の色の見えを、Brettelら(1997)のアルゴリズムを用いて、CIE2015XYZ色空間の5PB-N-7.5Yの平面上に射影した。ただし、錐体基本関数には、StockmanとSharpe(2000)のものを用いた。

#### 4. 研究成果

図2に1948色のNCS色票を、5PB-N-7.5Yの平面における44の系統色名カテゴリに分けた色見本を示す。ただし、2色覚の色の見えにて、44の系統色名カテゴリ中、「緑みを帯びた黄みの黒」の系統色名カテゴリに該当するNCS色票がなかった。この43の系統色名カテゴリの各表紙となっている色は、2色覚向け配色セットであり、各系統色名カテゴリの中に入っている色が、2色覚向け配色から3色覚配色への変換の際の3色覚向け配色候補色セットとなる。3色覚向け配色への変換にて、系統色名カテゴリ内での色変化を許容範囲として設定したことで、この色見本では、1948色中1107色が、いずれかの系統色名カテゴリにて3色覚向け配色候補色となった。

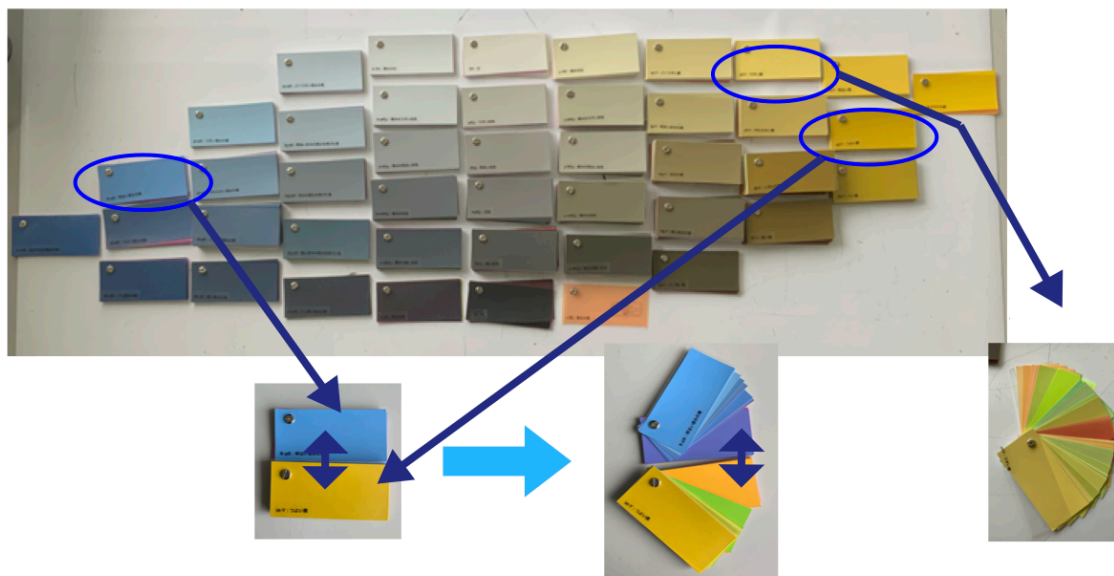


図2 系統色名カテゴリによる2色覚向け配色セット

図2に示した色見本の使用方法は以下の通りである。

- 1) 図2に示した43の5PB-N-7.5Y平面の系統色名カテゴリから2色覚向け配色を決める。ただし、ここで、上下左右斜めに位置する系統色名カテゴリで2色覚向け配色を決めることは避ける。
- 2) 選んだ2色覚向け配色の各色の色束に含まれる色が3色覚向け配色候補色であるため、その中から3色覚向け配色に変更する。

配色過程は、この2段階である。この配色手法の特徴は、2色覚向け配色セットにて、予め、2色覚シミュレーションの結果を踏まえて系統色名カテゴリに色票が割り当てられているため、再度、2色覚シミュレーションにて、見分けにくさを検証する必要がないことである。また、従来の方法では、最初に、3色覚向け配色を決める際には、印象などの様々な付加価値を考慮しながら、配色を決めることが多いが、決めた配色が2色覚にとってどのように見えるかの確認作業では、その付加価値など考慮せず、単に見分けられるかどうかという判断基準になってしまう。しかし、この方法では、2色覚の配色に対する印象などの知見があれば、2色覚向け配色の考案の際に2色覚に付加価値が伴う配色を考慮することも可能になる。

図3に、図2の色見本を使用して、作成した九州大学伊都キャンパスのキャンパス案内図を示す。このキャンパス案内図は、本方法による社会実装した最初のサインである。2色覚の色の見えが5PB-N-7.5Y平面であるため、建物などの人工物には5PBの色相を、緑地などの自然物には7.5Yの色相を、道路にはNを割り当て、2色覚向け配色を決定した。3色覚向け配色には、5PBを紫み方向に変化させ、その重要度の高い建物を高彩度で、重要度の低い建物を低彩度で表した。また、緑地の7.5Yは緑へと変化させて、木の多さを彩度によって表した。このサインは、2020年度第54回日本サインデザイン賞に入選し、九州地区賞を受賞した。2色覚の色覚特性を持つ方からも高評価を受けた。

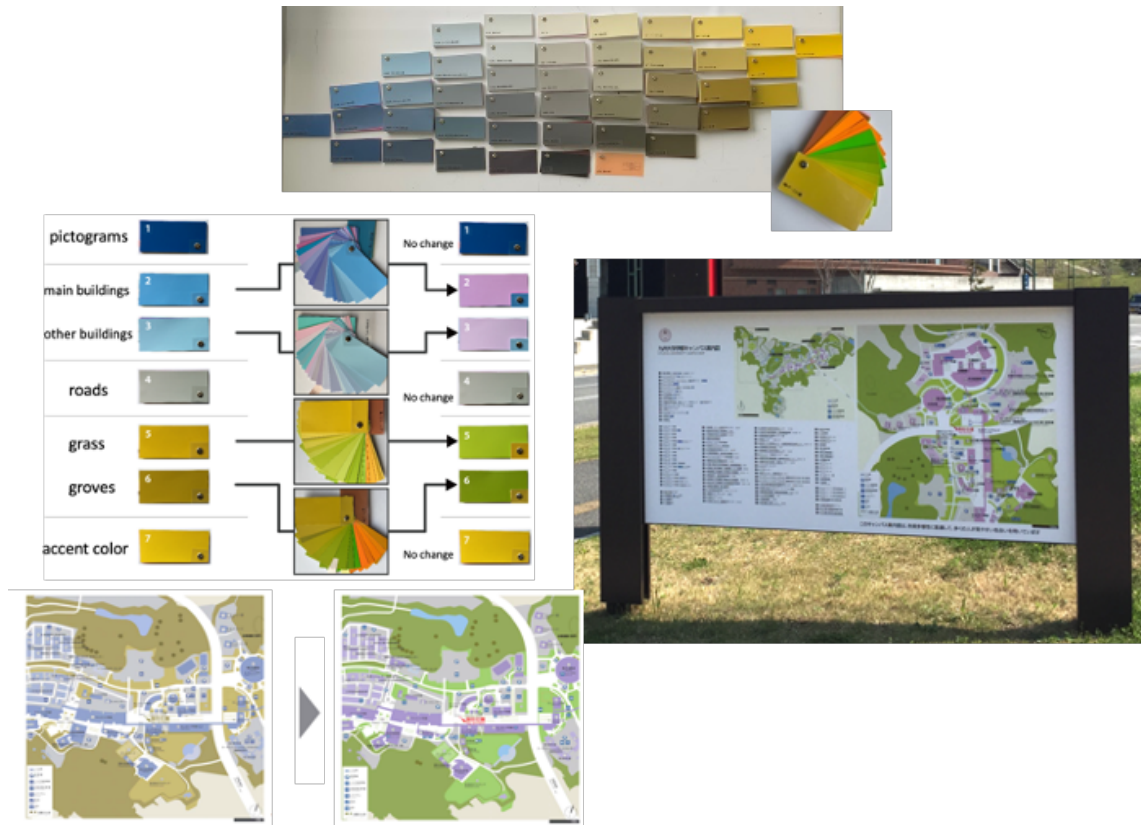


図3 2色覚基点の CUD を使用してデザインした九州大学伊都キャンパス案内図

図2の NCS 色票を使用した色見本は、そもそも元の NCS が 1948 色で限定されているために、用意されて色が離散的で、さらに、系統色名カテゴリによっては、3色覚向け配色候補色セットの数が3色というものもあった。また、この色見本がなと、本手法を実践することができない。そこで、タブレットなどで動作するデジタル色見本の作成を行った。図4にデジタル色見本の画面を示す。このデジタル色見本では、最大5色の配色を考案できるようにした。また、考案した配色をタブレット内に保存できる機能も持たせた。これにより、NCS 色票がなくても、2色覚基点の CUD を実践することができるようになった。図5に、このデジタル色見本を使用して作成したポスター例を示す。

今後、2色覚基点の CUD を社会実装するために、図4のデジタル色見本を普及させる方策を検討していく。

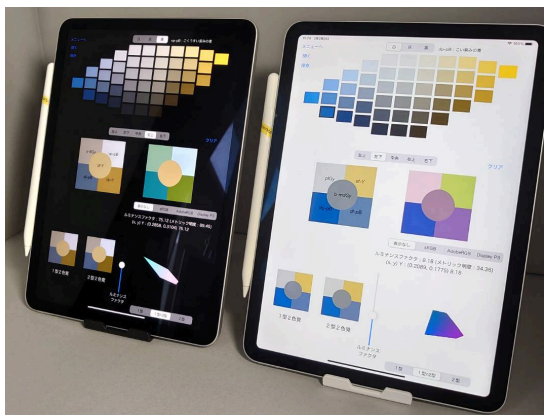


図4 2色覚基点の CUD のデジタル色見本



図5 2色覚基点の CUD のデジタル色見本を使って作成したポスター(左)と配色を決めた時のデジタル色見本の画面(右)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 須長 正治、城戸 今日子、桂 重仁	4. 巻 42
2. 論文標題 系統色名カテゴリを用いた2色覚基点のカラーユニバーサルデザイン配色法の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本色彩学会誌	6. 最初と最後の頁 209～217
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15048/jcsaj.42.5_209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 桂 重仁、金田 恵梨子、須長 正治	4. 巻 42
2. 論文標題 保育現場における幼児教育者の色覚異常に対する関心および知識についての実態調査	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本色彩学会誌	6. 最初と最後の頁 218～226
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15048/jcsaj.42.5_218	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 須長 正治、桂 重仁、光安 祥代	4. 巻 41
2. 論文標題 S錐体刺激値差を手掛かりとした3色覚と強度異常3色覚の視覚探索能の比較	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本色彩学会誌	6. 最初と最後の頁 154～160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15048/jcsaj.41.4_154	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 桂 重仁、須長 正治	4. 巻 41
2. 論文標題 クレヨンの混同色解析 幼児のクレヨンの色使いから色覚異常に気づくために	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本色彩学会誌	6. 最初と最後の頁 189～200
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15048/jcsaj.41.5_189	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 羽野 暁、須長 正治、中牟田 麻弥	4. 巻 27
2. 論文標題 2色覚を基点にした色覚多様性に配慮したサイン	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 デザイン学研究作品集	6. 最初と最後の頁 1_104 ~ 1_109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11247/adrjssd.27.1_1_104	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 桂 重仁, 須長正治, 矢口博久
2. 発表標題 広色域ディスプレイの多原色化による異常3色覚のオブザーバメタメリズム軽減シミュレーション
3. 学会等名 日本色彩学会第50回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kajitsu Yoshitake, Kyoko Kido, Satoshi Hano, Shigehito Katsura, Shoji Sunaga
2. 発表標題 Development of a color sample set from the viewpoint of dichromats for color universal design
3. 学会等名 the 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shigehito Katsura, Yoshino Tanaka, Kei Kawamoto, Shoji Sunaga
2. 発表標題 Emotional responses of dichromats to colors and color names
3. 学会等名 the 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shigehito Katsura, Shoji Sunaga,
2 . 発表標題 Categorical Color Naming in Anomalous Trichromats for Color Stimuli with Different Durations
3 . 学会等名 the International Colour Association AIC Color 2018 Lisbon ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kyoko Kido, Shigehito Katsura, Shoji Sunaga
2 . 発表標題 Categories on a Color Plane Constituted by Yellow-blue and Lightness in Dichromats
3 . 学会等名 the International Colour Association AIC Color 2018 Lisbon ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Hirohisa Yaguchi, Rentaro Suto, Shigehito Katsura, Shoji Sunaga
2 . 発表標題 Aging Effect of Observer Metamerism for Wide Color Gamut Display
3 . 学会等名 the 4th Conference of Asia Colour Association ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shoji Sunaga, Rentaro Suto, Shigehito Katsura, Hirohisa Yaguchi
2 . 発表標題 Observer Metamerism in Wide Color Gamut Display for Anomalous Trichromats
3 . 学会等名 the 4th Conference of Asia Colour Association ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Shoji Sunaga, Rentaro Suto, Shigehito Katsura, Hirohisa Yaguchi,
2. 発表標題 Observer Metamerism for Anomalous Trichromats and the Elderly in a Wide Color Gamut Display
3. 学会等名 International Display Workshop '18 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桂 重仁, 須長正治
2. 発表標題 呈示時間が異なる色刺激に対する異常3色覚の色名応答
3. 学会等名 日本色彩学会第49回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 城戸今日子, 桂 重仁, 須長正治
2. 発表標題 2色覚の混同色の黄青-明度平面への色カテゴリマッピング
3. 学会等名 日本色彩学会第49回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 須長正治, 桂重仁, 矢口博久
2. 発表標題 広色域ディスプレイにおける異常3色覚の色の見え
3. 学会等名 日本色彩学会第49回全国大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 桂 重仁, 須長正治, 菱川優介
2. 発表標題 表示時間の異なる色刺激に対する色覚特性の違いによる色名応答比較
3. 学会等名 日本色彩学会平成30年度研究会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 須長正治, 桂 重仁
2. 発表標題 赤緑調整課題アノマロスコープの製作
3. 学会等名 日本色彩学会平成30年度研究会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 首藤廉太郎, 須長正治, 桂 重仁, 矢口博久
2. 発表標題 異常3色覚における色の見えのディスプレイ色域依存性
3. 学会等名 日本色彩学会平成30年度研究会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 桂 重仁, 須長 正治
2. 発表標題 クレヨン混同色解析と“混同色対指数”の提案
3. 学会等名 日本色彩学会第48回全国大会[東京] '17
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shoji Sunaga, Haruka Oide, and Shigehito Katsura
2. 発表標題 Color conspicuity in dichromats
3. 学会等名 The 33rd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 桂 重仁, 須長 正治
2. 発表標題 デザイナーのための混同色学習ゲームの学習効果
3. 学会等名 日本色彩学会平成29年度研究会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小原 義成, 佐藤 雅之, 須長 正治
2. 発表標題 二色覚者の色名応答への刺激の大きさ, 呈示位置, 呈示時間の効果
3. 学会等名 日本色彩学会平成29年度研究会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 城戸 今日子, 桂 重仁, 佐藤 雅之, 須長 正治
2. 発表標題 黄青 明度平面における2色覚の色カテゴリ
3. 学会等名 日本色彩学会平成29年度研究会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 桂 重仁, 田村青空, 首藤廉太郎, 須長正治, 矢口博久
2. 発表標題 ディスプレイの広色域化により異常3色覚が被る問題
3. 学会等名 日本色彩学会色覚研究会 平成29年度研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 須長正治, 桂 重仁
2. 発表標題 系統色名カテゴリによる2色覚基点の配色法
3. 学会等名 日本色彩学会 平成29年度関西支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi Hano, Shoji Sunaga, Maya Nakamuta
2. 発表標題 Application of a New Color Universal Design Method Based on the Color Appearance of Dichromats to a Campus Map
3. 学会等名 International Symposium on Electronic Imaging (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>2色覚基点のカラーバリアフリーサイン  <a href="https://barrierfreelab.amebaownd.com/posts/8001036">https://barrierfreelab.amebaownd.com/posts/8001036</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------